

**В.М. Каліч, проф., канд. техн. наук, С.І. Осадчий, доц., канд. техн. наук,
М.С. Віхрова, асп.**

Кіровоградський національний технічний університет

Застосування комбінованого принципу регулювання для створення АСУ гідросистем

В статті доведена необхідність реалізації ідей динамічного проектування з метою створення автоматизованої системи управління гідротрансмісіями машин та агрегатів широкого класу на базі комбінованого принципу регулювання

гідропривід, гідротрансмісія, аксіально-поршневий насос, автоматизована система, регулятор

Гідравлічні приводи широко використовуються у виробництві для здійснення руху робочих органів різноманітних машин. Особливо широко застосовуються гідроприводи в умовах, коли навантаженню необхідно передати потужність більшу за 7 кВт або необхідна висока швидкодія у порівнянні з електромеханічними для управління робочими органами машин, які включені в замкнений технологічний цикл – в циклових системах управління.[4] До них відносяться системи управління металорізальними верстатами та автоматичними лініями, роботами-маніпуляторами та пресами, технологічними машинами металургійної, легкої, харчової промисловості та мобільними агрегатами сільськогосподарського виробництва тощо.

Широке розповсюдження гідравлічних приводів в цих галузях визначається їх важливими перевагами, до яких слід перш за все віднести можливість отримання великих сил та обертових моментів при порівняно малих розмірах гідравлічних двигунів, плавність переміщення та безступеневе регулювання швидкостей у великому діапазоні, малу інерційність, можливість управління режимами обробки під час їх руху. Високі компоновані якості гідравлічних систем, що базується на конструктивній незалежності розташування окремих агрегатів, дозволяють створювати машини, які відрізняються великою продуктивністю, надійністю та малою матеріалоемністю.

Подальший розвиток та удосконалення гідроприводів пов'язаний з підвищенням їх якості та ефективності. Головним показником якості даного класу технічних приладів є точність підтримання кутової частоти обертання в умовах випадкових змін навантаження. Мірою їх ефективності може виступати коефіцієнт корисної дії. Одним з найбільш перспективних шляхів для створення конкурентноспроможних приводів (гідротрансмісій) є автоматизація процесу регулювання їх швидкості.. До переваг регульованого гідроприводу слід віднести [2] : менші габарити і масу у порівнянні з нерегульованим здебільшого за рахунок відсутності важких навантажених частин; безступеневе регулювання швидкості робочих рухів, що дозволяє спростити САУ приводу та поліпшити умови праці робітників; зручність керування, що дозволяє впровадити енергоощадні технології; зменшення швидкості старіння робочої рідини, а також надійне запобігання від перевантажень двигуна та робочих органів за рахунок використання запобіжних пристосувань.

Гідроприводи складаються, як правило, з двох частин: насосу та двигуна. Регулювання відбувається за рахунок зміни одного або декількох параметрів насосу.

Застосування багатосекційних насосів з метою регулювання викликає деякі складнощі, незважаючи на спрощення конструкції гідроприводу, оскільки важко

досягти співвісного розташування валів, що веде до перекошування вузлів і до нерівномірного нагріву окремих секцій.[1]

За останні роки, завдяки дослідженням ряду наукових організацій, були спроби створення шестеренних насосів з регульованою об'ємною подачею.[5]. Однак, недостатня надійність роботи цих насосів, особливо при роботі на високих тисках, становить велику перешкоду для реалізації конструкцій, що пропонуються на практиці у виробництві. Крім того, власний аналіз роботи шестеренного насоса дозволив стверджувати, що жорстка конструкція цих насосів не дозволяє здійснювати управління шляхом зміни конструктивних параметрів.

Існуючі сьогодні традиційні методи розробки систем регулювання (автоматики) гідроприводів, які не враховують випадковий характер зміни навантажень в реальних експлуатаційних умовах, ведуть до необґрунтованого ускладнення та подорожчання конструкцій і не дозволяють впроваджувати енергоощадні технології.

Регульовані насоси гідравлічних систем повинні забезпечувати високий діапазон регулювання при збереженні номінального робочого тиску та подачі при максимальному коефіцієнті подачі та механічному коефіцієнті корисної дії. Таким вимогам задовольняють аксіально-поршневі насоси, що мають переваги у порівнянні з іншими типами аналогічного устаткування.

Аксіально-поршневі насоси, які останнім часом випускаються ВАТ "Гідросила" (м. Кіровоград) мають у своєму складі елементи, що дозволяють здійснювати автоматичне управління. Зокрема, регульовані насоси мають в своєму складі регулятори подачі та тиску, які підтримують подачу насоса на заданому рівні незалежно від навантаження та обмежують значення максимального тиску в гідро лінії. Але здійснювати всі завдання автоматичного управління в повному обсязі ці елементи не дозволяють, тому запропонована оригінальна система автоматичного управління, яка дозволить підвищити економічність та вдосконалити конструкцію аксіально-поршневого насоса з регульованою об'ємною подачею, а також використовувати повну потужність привідного двигуна шляхом автоматичної зміни подачі насоса в залежності від зміни як тиску в гідроприводі, так і частоти обертання його вихідного валу.

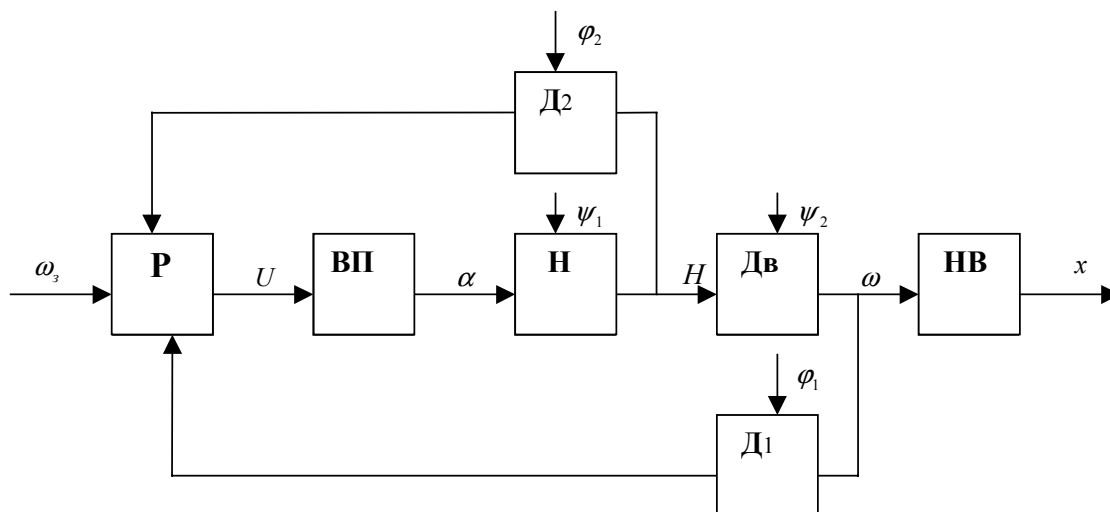
Аналіз відомих методів та принципів регулювання [3], та проведені нами дослідження показали, що найбільш ефективна та якісна система може бути побудована за комбінованим принципом регулювання. Єдиною умовою її успішного функціонування є раціональне поєднання принципів зворотного зв'язку та керування за збуренням. Якість поєднання визначається процедурами синтезу закону регулювання.[2] Функціональна схема такої системи представлена на мал.1. Вона складається з:

Особливість роботи гідротрансмісій полягає в тому, що завади вимірювань (ϕ_1 та ϕ_2) та внутрішні впливи (ψ_1 та ψ_2) являють собою стаціонарні випадкові процеси, а об'єкт регулювання характеризується різноманітними нелінійностями.

Задача знаходження структури та параметрів регулятора в таких умовах повинна розв'язуватись в результаті виконання етапів динамічного проектування систем.[2].

Завдання регулятора в системі з одним зворотнім зв'язком зводиться до порівняння двох сигналів. Якщо присутні два зворотних контури, то регулятор повинен мати властивості екстраполятора.

Наявність в даній системі датчиків напору та швидкості обертання, які достатньо широко розповсюджені, дозволяють реалізувати комбінований принцип регулювання в подібній трансмісії.



Н – гідронасос управляємий; Дв – гідродвигун; ВП – виконавчий пристій; НВ – вихідне навантаження;
 Р – регулятор; Д₁ – датчик швидкості обертання вихідного валу; Д₂ – датчик напору;
 φ₁ та φ₂ – динамічні складові похибок вимірювання (завади вимірювання);
 ψ₁ та ψ₂ – внутрішні впливи, пов'язані з особливостями технології виготовлення;
 ω, ω₃ – швидкості обертання; α – конструктивний кут нахилу насосу; x – вихідний сигнал.

Рисунок 1 - Функціональна схема регульованої трансмісії

Обґрунтування необхідності застосування комбінованого принципу регулювання може бути здійснено поетапно. На першому етапі необхідно виконати дослідження контуру за відхиленням. Аналіз цієї системи з урахуванням початкових даних дозволив отримати передаточну функцію у вигляді:

$$W(z) = \frac{0,91155(z + 0,25)}{z^2 - 0,08845z + 0,2279} \quad (1),$$

де z – комплексна величина.

Алгоритм роботи такої системи у вигляді рекурентного співвідношення:

$$\Delta U(n) = 1,91 \cdot 10^{-7} \Delta H(n) + 4,78 \cdot 10^{-8} \Delta H(n-1) - 7,82 \cdot 10^{-2} \Delta U(n-1). \quad (2),$$

де ΔU – зміна керуючого сигналу;

ΔH – зміна напору насосу;

n – номер відліку.

По результатам аналізу побудований графік перехідної характеристики, який наведений на мал.2. Час регулювання становить величину порядку 0,01с, пере регулювання не перевищує 20%, а стала похибка відсутня.

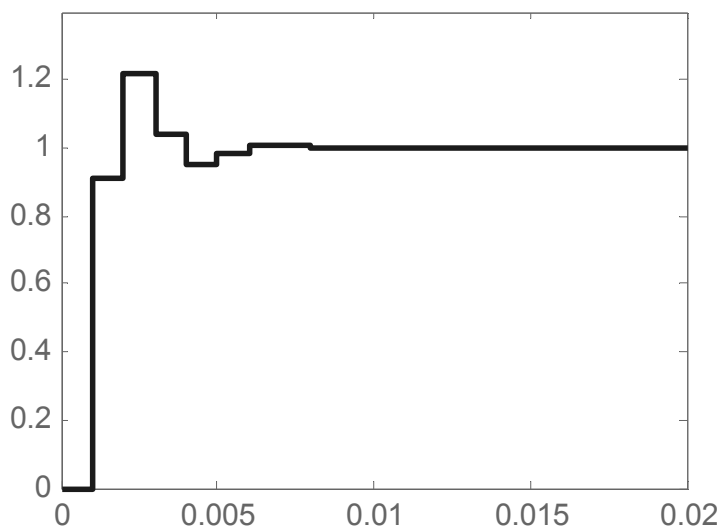


Рисунок 2 –Перехідна характеристика

Таким чином, отримані показники доводять необхідність реалізації ідей динамічного проектування для створення АСУ гідравлічних передач, що дозволять досягти максимальної якості роботи при обмеженнях на необхідні ресурси.

Список літератури

1. Аврунин Г.А., Кабаненко И.В., Хавиль В.В. Анализ современного технического уровня гидрообъемных передач. Вибрации в технике и технологиях. 2003, №4(30).– С.3-6.
2. Блохін А.М., Буряченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління.-К.: НАУ, 2003.-208 с.
3. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине: Пер.с англ.И.В.Соловьева /Под ред. Г.Н.Поварова.- 2-е изд.- М.: Сов.радио, 1968.- 326с.
4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер.с англ. Б.И.Кононова.- М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
5. Кулешков Ю.В. Оценка методов определения объемной подачи шестеренных насосов НШ. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ КДТУ, 2004, випуск 34, 1. – С.178-186.

В статье доказана необходимость реализации идей динамического проектирования с целью создания автоматизированной системы управления гидра трансмиссиями машин и агрегатов широкого класса на базе комбинированного принципа регуляции

In the article the necessity of realization of ideas of the dynamiks planning is well-proven with the purpose of creation of the automated control system hydra by the transmissions of machines and aggregates of wide class on the base of the combined principle of adjusting.